

REC'D PCT/PTO 13 DEC 2006
PCT/DE 03/02006

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

10/517500

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 12 AUG 2003
WIPO PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 41 463.7

Anmeldestag: 06. September 2002

Anmelder/Inhaber: Robert Bosch GmbH, Stuttgart/DE

Bezeichnung: Radarmessvorrichtung, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, und Verfahren zum Betreiben einer Radarmessvorrichtung

IPC: G 01 S 13/26

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 7. Juli 2003
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Faust

5 ROBERT BOSCH GMBH

10 **Radarmessvorrichtung, insbesondere für ein Kraftfahrzeug,
und Verfahren zum Betreiben einer Radarmessvorrichtung**

15 Die Erfindung betrifft eine Radarmessvorrichtung, die insbesondere in
einem Kraftfahrzeug verwendbar ist, und ein Verfahren zum Betreiben einer
Radarmessvorrichtung.

20 Radarmessvorrichtungen werden in Kraftfahrzeugen insbesondere zur
Messung des Abstandes und der Relativgeschwindigkeit zu anderen Objek-
ten eingesetzt. Die Detektion eines Nahbereichs bis etwa 10 m (Short Range
Radar, SRR) erfolgt derzeit z. B. in Frequenzbereichen von 10 bis 70 GHz.
Bei Puls-Echo-Radarsystemen bzw. Puls-Echo-Mikrowellensensoren wird für
eine Zeitdauer ein Mikrowellensignal als Träger mit einer ersten Frequenz in
Form eines Bursts auf eine Sendeantenne gegeben. Hierzu wird das Träger-
25 frequenzsignal des HF-Oszillators durch ein erstes Pulssignal moduliert, in-
dem ein das Trägerfrequenzsignal durchlassender Schalter von dem ersten
Pulssignal angesteuert wird. Das von einem möglichen Hindernis mit einer -
im Allgemeinen aufgrund der Relativgeschwindigkeit zwischen Sensor und
Hindernis von der Trägerfrequenz verschiedenen – zweiten Frequenz zum
30 Sensor zurückreflektierte Signal wird von einer Empfangsantenne aufge-
nommen.

35 Das Trägerfrequenzsignal wird weiterhin mit einem gegenüber dem
ersten Pulssignal zeitlich verzögerten zweiten Pulssignal moduliert, wobei die
zeitliche Verzögerung von einer internen Steuereinrichtung – im Allgemeinen
einem Mikrocontroller oder digitalen Signalprozessor – eingestellt wird. Das
durch die Modulation erzeugte verzögerte Radarpulssignal wird mit dem

empfangenen Radarpulssignal gemischt. Hierbei wird am Ausgang des Mischers aus beiden Signalen ein Inphasensignal (I-Signal) gebildet, das einen Signalanteil mit der Summe der Sende- und Empfangsfrequenz und einen Signalanteil mit der Differenz der Sende- und Empfangsfrequenz aufweist.

5

Der aus der Summe der Sende- und Empfangsfrequenz gebildete Signalanteil wird aufgrund des durch die Leiterplattenkapazitäten, Bahnwiderstände und externer Bauelemente vorhandenen Tiefpasses unterdrückt. Somit bleibt am Ausgang des Mischers nur der aus der Differenz der Sende- 10 und Empfangsfrequenz gebildete Signalanteil übrig. Die Amplitude des durch Mischung erzeugten Inphasensignals (I-Signals) kann hierbei je nach Phasenlage bei gleichbleibender bzw. statischer Entfernung einen zwischen maximal positiver Amplitude und maximal negativer Amplitude liegenden Wert, z. B. auch Null, aufweisen. Amplitudenwerte von Null oder nahe bei Null sind 15 bei dynamischen Verhältnissen, d. h. bei bewegtem Fahrzeug und/oder Hindernis, nicht so relevant, da sie bei etwas verändertem Abstandswert wieder verschwinden. Bei statischen Verhältnissen, z. B. bei Verwendung der Radarmessvorrichtung als Einparkhilfe, liegt jedoch zunächst kein weiterer Ausgangswert vor.

20

Um eine Ermittlung eines Abstandswertes auch bei Vorliegen einer Nullstelle des I-Signals zu ermöglichen, wird bei der Verarbeitung der empfangenen Radarpulssignale und verzögerten Radarpulssignale im Allgemeinen ein zweiter, um 90° phasenverschoben angesteuerter Modulator verwendet, der ein Quadratursignal (Q-Signal) ausgibt. Aus dem I- und Q-Signal wird als geometrische Summe in der Steuereinrichtung ein Amplitudensignal errechnet gemäß der Formel:

$$U_{\text{Amplitude}} = (I^2 + Q^2)^{0,5}$$

30 Durch eine derartige Berechnung wird eine Ermittlung des Abstandswertes auch bei Nullstellen des ohne Phasenverschiebung ermittelten Inphasensignals ermöglicht. Hierzu ist jedoch ein Hardwareaufwand mit zwei Mi-

schern zu Ermittlung des Inphasensignals und des Quadratursignals erforderlich.

Die erfindungsgemäße Radarmessvorrichtung nach Anspruch 1 und 5 das erfindungsgemäße Verfahren nach Anspruch 8 weisen demgegenüber insbesondere den Vorteil auf, dass bei der Verarbeitung der empfangenen Radarsignale eine sichere Ermittlung des Abstandes mit nur einem Messkanal möglich ist. Hierbei kann insbesondere der zweite Mischer zur Ermittlung 10 des Quadratursignals entfallen, ohne dass eine Detektion eines Hindernisses bei einer durch Interferenz gebildeten Nullstelle des Mischsignals verhindert wird.

Der Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, dass die bei herkömmlichen IQ-Mischern erreichte phasenverschobene Messung auch durch eine 15 Verwendung von zwei verschiedenen Trägerfrequenzen möglich ist. Die zweite Trägerfrequenz kann hierbei vorteilhafterweise von dem gleichen Oszillator zur Verfügung gestellt werden, indem dieser z. B. an eine variable Vorspannung angeschlossen ist. Alternativ hierzu ist grundsätzlich auch die 20 Verwendung von mehreren, z. B. phasengekoppelten, Oszillatoren möglich, die jeweils ein Trägerfrequenzsignal ausgeben.

Erfindungsgemäß kann insbesondere die zweite Trägerfrequenz derartig gewählt werden, dass - entsprechend dem IQ-Mischer des Standes der Technik - um 90° bzw. $\pi/2$ phasenverschobene Signale gemischt werden. 25 Hierdurch wird bei der Nullstelle des ersten Mischsignals ein maximaler Amplitudenwert des zweiten Mischsignals erreicht. Grundsätzlich ist jedoch auch eine hiervon verschiedene Änderung der Phasendifferenz möglich.

Durch die beiden Trägerfrequenzen wird über den Zusammenhang 30 der Wellenlänge λ zur Frequenz f auch die Wellenlänge verändert. Es gilt:

$$\lambda_1 \cdot f_1 = \lambda_2 \cdot f_2 = c$$

wobei λ_1 und λ_2 die Wellenlängen des ersten bzw. zweiten Trägerfrequenzsignals sind und c die Lichtgeschwindigkeit ist. Die Wellenlängen λ_1 und λ_2 werden derartig gewählt, dass für die vom Radarpulssignal zurückgelegte Distanz – d. h. den doppelten Wert des Abstandes zum Hindernis – bei einer Nullstelle für λ_1 gemäß:

$$D = n * \lambda_1,$$

mit D = Distanz, n = Anzahl der Wellenlängen für das zweite Trägerfrequenzsignal mit der Wellenlänge λ_2 eine um 90° phasenverschobene Messung erreicht wird, d.h.:

$$10 \quad D = n * \lambda_2 + 0,25 \lambda_2$$

Aus den beiden Gleichungen für die Distanz D kann somit ein Zusammenhang der Wellenlängen λ_1 und λ_2 und entsprechend der Frequenzen f_1 und f_2 gebildet werden, so dass für einen von der Radarmessvorrichtung überprüften Abstandsbereich die zweite Trägerfrequenz f_2 ermittelt werden kann, die von der Steuereinrichtung der Radarmessvorrichtung eingestellt wird. Vorteilhafterweise werden die beiden Trägerfrequenzen alternierend eingestellt. Hierbei kann in an sich bekannter Weise ein Abstandsbereich von z. B. 0 bis 30 m durch Veränderung der Zeitverzögerung des zweiten Pulssignals abgescannt werden, wobei jeder Zeitverzögerung eine der Laufzeit des Lichtes entsprechende Distanz zugeordnet ist. Zu den jeweiligen Abstandswerten werden jeweils sukzessiv die beiden unterschiedlichen Trägerfrequenzen ausgegeben.

25 Die Erfindung wird im Folgenden anhand der beiliegenden Zeichnung an einer Ausführungsform näher erläutert. Die Figur zeigt ein Blockschaltbild einer Radarmessvorrichtung.

Eine Radarmessvorrichtung 1 mit einem NF-Teil 2 und einem HF-Teil 30 3 ist mit einem externen Steuergerät 4 eines Kraftfahrzeuges über eine Datenschnittstelle, z. B. einen Datenbus 5 verbunden. Weiterhin wird von dem externen Steuergerät 4 eine Versorgungsspannung von z. B. 8 Volt an einen

Gleichspannungswandler 6 der Radarmessvorrichtung 1 ausgegeben, der für die Radarmessvorrichtung erforderliche Gleichspannungen erzeugt. Eine an den Datenbus 5 angeschlossene Steuereinrichtung 7 kann z. B. als Mikrocontroller oder digitaler Signalprozessor (DSP) ausgebildet sein. Ein Taktignal von z. B. 5 MHz eines Taktgebers 8 wird an eine Spannungsquelle 9, 10 gegeben, die z. B. einen eine negative Gleichspannung ausgebenden AC/DC-Wandler 9 und einen die negative Gleichspannung aufnehmenden steuerbaren Spannungsteiler 10 aufweist. Alternativ zu dem steuerbaren Spannungsteiler 10 kann auch z. B. ein steuerbarer Gleichspannungsverstärker vorgesehen sein. Durch ein Steuersignal der Steuereinrichtung 7 wird eine von dem steuerbaren Spannungsteiler 10 ausgegebene Vorspannung U1,2 eingestellt und an einen HF-Oszillator 11 ausgegeben. Die Grundfrequenz des HF-Oszillators 11 hängt von der Vorspannung U1 bzw. U2 ab; durch die Steuereinrichtung 7 werden zwei verschiedene Trägerfrequenzsignale F1, F2 bei etwa 24 GHz eingestellt.

Das Taktsignal wird weiterhin an eine erste Pulsformeinrichtung 12 gegeben, die ein Pulssignal P1 zur Ansteuerung eines ersten Diodenschalters 14 mit einer SRD (Step Recovery Diode) ausgibt. Der erste Diodenschalter 14 schaltet das von dem HF-Oszillator 11 ausgegebene erste Trägerfrequenzsignal F1 in Abhängigkeit von dem ersten Pulssignal P1 durch. Das hierdurch gebildete Radarpulssignal T1 wird über eine Sendeantenne 16 als Burst ausgegeben.

Ein von einem Hindernis reflektiertes Radarpulssignal wird – ggf. aufgrund Dopplerverschiebung mit veränderter Frequenz – als Radarsignal R1 von einer Empfangsantenne 18 empfangen. Die Empfangsantenne 18 und die Sendeantenne 16 können auch kombiniert ausgebildet sein und mehrere einzelne Antennenbereiche bzw. Antennen-Patches aufweisen. Das aufgenommene Radarsignal R1 wird über einen Eingangsverstärker 19 einem Mischер 21 zugeführt.

Das Taktsignal wird weiterhin über eine Zeitverzögerungseinrichtung 22, deren Zeitverzögerung Δt über einen analogen Ausgang der Steuereinrichtung 7 eingestellt wird, einer zweiten Pulsformeinrichtung 23 zugeführt. Die zweite Pulsformeinrichtung 23 generiert analog der ersten Pulsformeinrichtung 12 ein zweites Pulssignal P2 zur Ansteuerung eines zweiten Diodenschalters 24. Der zweite Diodenschalter 24 wird somit mit dem zweiten Pulssignal P2 um die Zeitverzögerung Δt gegenüber dem ersten Diodenschalter 14 angesteuert. Das von dem HF-Oszillator 11 ausgegebene erste Trägerfrequenzsignal F1 wird in einem als zweite Schalteinrichtung dienenden Diodenschalter 24 moduliert. Das hierdurch gebildete, gegenüber dem Radarpulssignal T1 zeitlich verzögerte Radarpulssignal S1 wird über den Diodenschalter 24 ebenfalls dem Mischer 21 eingegeben, der das Signal S1 und das verstärkte Signal R1 faltet, d. h. multipliziert und integriert. Das durch die Faltung gebildete Mischsignal M1 wird über einen Impedanzwandler 25 und eine variable Verstärkungseinrichtung 26, deren Verstärkung über einen analogen Ausgang der Steuereinrichtung 7 eingestellt wird, wiederum der Steuereinrichtung 7 eingegeben.

Nachfolgend wird eine entsprechende Messung mit einer gegenüber der ersten Trägerfrequenz verschiedenen zweiten Trägerfrequenz durchgeführt: Hierzu gibt die Steuereinrichtung 7 ein entsprechendes Steuersignal an den Spannungsteiler 10, so dass eine zweite Vorspannung U2 an den HF-Oszillator 11 ausgegeben wird. Der HF-Oszillator 11 gibt ein zweites Trägerfrequenzsignal F2 aus. Mit dem ersten Pulssignal P1 wird der erste Diodenschalter 14 geschlossen, wodurch ein erstes Radarpulssignal P1 erzeugt und über die Sendeantenne 16 ausgesendet wird. Die Empfangsantenne 19 nimmt entsprechend das zweite Radarempfangssignal R2 auf, das in dem Mischer 21 mit einem zweiten verzögerten Radarpulssignal S2 gemischt wird, wodurch ein zweites Mischsignal M2 gebildet und an die Steuereinrichtung 7 ausgegeben wird.

Die Steuereinrichtung scannt sukzessive einen vorgegebenen Abstandsbereich von z. B. 0 bis 30 m durch Änderung der zeitlichen Verzögerung Δt an der Zeitverzögerungseinrichtung 22 ab, wobei die eingestellten zeitlichen Verzögerungen entsprechend der Lichtgeschwindigkeit unterschiedlichen Laufzeiten des ausgesendeten Radarpulssignals T entsprechen. Für jeden Abstandswert wird nachfolgend jeweils die erste Trägerfrequenz F1 und zweite Trägerfrequenz F2 des HF-Oszillators 11 durch das von der Steuereinrichtung 7 an den Spannungsteiler 10 ausgegebene analoge Signal eingestellt.

10

Die Steuereinrichtung 7 ermittelt aus den Messsignalen M1 und M2 einen Amplitudenwert. Bei einer eingestellten Phasenverschiebung von $\pi/2$ wird hierzu eine geometrische Summe als Wurzel der Summe der Quadrate des Messsignals ermittelt. Eine vereinfachte Ermittlung ist z. B. aus einer Messung der maximalen Amplitudenwerte der Mischsignale M1 und M2 oder durch Ermittlung der Summe der Beträge von M1 und M2 möglich.

Patentansprüche

1. Radarmessvorrichtung, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, mit
5 einer Hochfrequenz-Oszillatoreninrichtung (11) zur Ausgabe eines ersten Trägerfrequenzsignals (F1) und eines zweiten Trägerfrequenzsignals (F2),
einer ersten Pulsformeinrichtung (12) zur Ausgabe von ersten Puls-
signalen (P1),
10 einer ersten Schalteinrichtung (14) zum Schalten des ersten und zweiten Trägerfrequenzsignals (F1, F2) in Abhängigkeit von dem ersten
Pulssignal (P1) und zur Ausgabe von ersten und zweiten Radarpulssignalen (T1, 2),
einer Sendeantenne (16) zum Aussenden der Radarpulssignale (T1,
15 2),
einer zweiten Pulsformeinrichtung (23) zur Ausgabe von gegenüber
den ersten Pulssignalen (P1) verzögerten zweiten Pulssignalen (P2),
einer zweiten Schalteinrichtung (24) zum Schalten der ersten und
zweiten Trägerfrequenzsignale (F1, F2) in Abhängigkeit von dem
20 zweiten Pulssignal (P2) und Ausgeben erster und zweiter verzögelter
Radarpulssignale (S1, S2),
einer Empfangsantenne (18) zum Empfangen von ersten und zweiten
Radarsignalen (R1, R2),
einer Mischeinrichtung (21) zum Mischen der empfangenen ersten
25 und zweiten Radarsignale (R1, 2) mit den ersten und zweiten verzögerten
Radarpulssignalen (S1, 2) und Ausgabe von ersten und zweiten
Mischsignalen (M1, 2),
einer Steuereinrichtung (7) zur Ermittlung eines Amplitudensignals aus
dem ersten Mischsignal (M1) und dem zweiten Mischsignal (M2),
30 wobei eine erste Phasendifferenz zwischen den ersten empfangenen
Radarsignalen (R1) und den ersten verzögerten Radarpulssignalen
(S1) sich von einer zweiten Phasendifferenz zwischen den zweiten

empfangenen Radarsignalen (R2) und den zweiten verzögerten Radarpulssignalen (S2) unterscheidet.

2. Radarmessvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Hochfrequenz-Oszillatoreinrichtung (11) genau einen durch ein Ansteuersignal (U1, 2) einstellbaren HF-Oszillator (11) aufweist, der in Abhängigkeit von dem Ansteuersignal das erste oder zweite Trägerfrequenzsignal (F1, F2) ausgibt.
- 10 3. Radarmessvorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der HF-Oszillator (11) in Abhängigkeit von der Amplitude des Ansteuersignals (U1,1) eine Trägerfrequenz einstellt und das Trägerfrequenzsignal (F1, F2) ausgibt.
- 15 4. Radarmessvorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Ansteuersignal ein Gleichspannungssignal mit mindestens einer ersten und einer zweiten Gleichspannung (U1, 2) ist.
- 20 5. Radarmessvorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie eine durch die Steuereinrichtung (7) einstellbare Gleichspannungsquelle (9, 10) zur Ausgabe der ersten und zweiten Gleichspannung (U1, 2) aufweist.
- 25 6. Radarmessvorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die einstellbare Gleichspannungsquelle (9, 10) einen durch ein Steuersignal der Steuereinrichtung (7) einstellbaren Spannungsteiler (10) aufweist.
- 30 7. Radarmessvorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Mischer (21) die empfangenen Radarsignale (R1, 2) und die verzögerten Radarpulssignale (S1, 2) faltet.

8. Radarmessvorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie eine Zeitverzögerungseinrichtung (22) mit veränderbarer Zeitverzögerung (Δt) aufweist, die ein verzögertes Taktsignal an die zweite Pulsformeinrichtung (23) ausgibt.
5
9. Radarmessvorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinrichtung (7) einen Distanzbereich zwischen einer minimalen Distanz und einer maximalen Distanz durch Ausgabe eines Steuersignals an die Zeitverzögerungseinrichtung (22) abscannit und
10 während des Abscannens des Distanzbereichs die verschiedenen Trägerfrequenzsignale (F1, F2) einstellt.
10. Verfahren zum Betreiben einer Radarmessvorrichtung, mit folgenden Schritten:
15 Erzeugen eines ersten Trägerfrequenzsignals (F1),
Formen erster Pulssignale (P1),
Erzeugen erster Radarpulssignale (T1) aus dem ersten Pulssignal und dem ersten Trägerfrequenzsignal (F1),
Aussenden der ersten Radarpulssignale (T1),
20 Empfangen reflektierter erster Radarsignale (R1),
Formen von gegenüber den ersten Pulssignalen (P1) verzögerten zweiten Pulssignalen (P2),
Erzeugen von ersten verzögerten Radarpulssignalen (S1) aus dem ersten Trägerfrequenzsignal (F1) und dem zweiten Pulssignal (P2),
25 Mischen des ersten Radarpulssignals (S1) und des empfangenen ersten Radarsignals (R1) und Ausgeben eines ersten Mischsignals (M1),
Erzeugen eines zweiten Trägerfrequenzsignals (F2),
Erzeugen von zweiten Radarpulssignalen (T2) aus dem ersten Pulssignal (P1) und dem zweiten Trägerfrequenzsignal (F2),
30 Aussenden der zweiten Radarpulssignale (T2),
Empfangen reflektierter zweiter Radarsignale (R2),
Erzeugen von zweiten verzögerten Radarpulssignalen (S2) aus dem

zweiten Trägerfrequenzsignal (F2) und dem zweiten Pulssignal (P2),
Mischen der empfangenen zweiten Radarsignale (R2) mit den zweiten
verzögerten Radarpulssignalen (S2) und Ausgeben eines zweiten
Mischsignals (M2),

5 wobei eine zwischen dem ersten empfangenen Radarsignal (R1) und
dem ersten verzögerten Radarpulssignal (S1) vorliegende erste Pha-
sendifferenz gegenüber einer zwischen dem zweiten empfangenen
Radarsignal (R1) und dem zweiten verzögerten Radarpulssignal (S1)
vorliegenden zweiten Phasendifferenz verschieden ist,

10 Ermitteln eines Amplitudensignals aus dem ersten Mischsignal (M1)
und dem zweiten Mischsignal (M2).

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die
beiden Trägerfrequenzsignale (F1, 2) durch Verändern einer einen
15 HF-Oszillator (11) ansteuernden Gleichspannung (U1, 2) erzeugt wer-
den.

12. Verfahren nach 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die den HF-
Oszillator (11) ansteuernde Gleichspannung (U1, 2) mittels eines
20 steuerbaren Spannungsteilers (10) erzeugt wird.

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Radarmessvorrichtung, die bei einfachem Aufbau eine sichere Abstandsermittlung auch bei Nullstellen eines Mischsignals gewährleistet, und ein Verfahren zum Betreiben einer Radarmessvorrichtung. Die Radarmessvorrichtung weist auf:

5 einen Hochfrequenz-Oszillator (11), der zwei unterschiedliche Trägerfrequenzsignale (F1, F2) ausgibt,

10 eine erste Schalteinrichtung (14) zum Schalten der Trägerfrequenzsignale (F1, F2) in Abhängigkeit von ersten Pulssignalen (P1) und zur Ausgabe von Radarpulssignalen (T1,2),

15 eine Sendeantenne (16) und eine Empfangsantenne (18),

eine zweite Schalteinrichtung (24) zum Schalten der Trägerfrequenzsignale in Abhängigkeit von einem verzögerten zweiten Pulssignal (P2) und Aus-

geben verzögerter Radarpulssignale (S1, 2),

20 eine Mischeinrichtung (21) zum Mischen empfangener Radarsignale (R1, 2) mit den verzögerten Radarpulssignalen (S1, 2) und Ausgabe von Mischsignalen (M1, 2).

Die Phasendifferenzen zwischen den empfangenen Radarsignalen (R1, 2) und verzögerten Radarpulssignalen (S1, 2) unterscheiden sich bei Ausgabe der beiden Trägerfrequenzsignale (F1, 2) um einen vorgegebenen Wert. Aus dem ersten und zweiten Mischsignal (M1, 2) wird nachfolgend ein Amplitudensignal ermittelt.

25

Figur

